

## ОТЗЫВ

официального оппонента, заведующего отделом системного анализа безопасности ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», д.т.н., Гражданкина Александра Ивановича на диссертационную работу Ширяева Евгения Викторовича «Снижение пожарной опасности локальных проливов углеводородных жидкостей на основе применения гранулированного пеностекла» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 – «Пожарная и промышленная безопасность» (нефтегазовая отрасль, технические науки)

### **Актуальность темы диссертационной работы**

Локальные проливы углеводородов на объектах хранения, переработки и транспортировки в нефтегазовой промышленности всегда аварийно опасны. Технологические и инцидентные пожароопасные углеводородные утечки наблюдаются на сливо-наливных эстакадах, на участках отбора проб, в местах фланцевых соединений трубопроводов. Масштабные промышленные аварии с пожарами и взрывами могут инициироваться первичными возгораниями относительно небольших выбросов горючих и легковоспламеняющихся жидкостей на опасных объектах нефтегазовых производств.

В таком противоаварийном контексте высокая актуальность диссертационного исследования Ширяева Евгения Викторовича о снижении пожарной опасности локальных проливов углеводородных жидкостей на основе применения гранулированного пеностекла, не вызывает сомнений.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Проведенные авторские исследования по теме диссертации позволили соискателю сформулировать и вынести на защиту следующие научные положения:

1. Математическую модель расчета равновесной высоты «сухого» слоя гранулированного пеностекла (далее - СГП) при проливах углеводородных жидкостей;

*Вх. № 7/33 от 04.02.2022*

2. Математическую модель расчета критической высоты «сухого» СГП в условиях равновесного состояния, обеспечивающего гашение пламени;

3. Математическую модель скорости испарения углеводородных жидкостей с экранирующим слоем гранулированного пеностекла;

4. Зависимости критической высоты «сухого» СГП от площади поддона для сбора локальных проливов углеводородных жидкостей и физико-химических свойств углеводородных сред;

5. Методику определения геометрических параметров СГП, обеспечивающего гашение пламени углеводородных жидкостей в поддонах площадью до 2,5 м<sup>2</sup>.

Обоснованность первого защищаемого положения подтверждается разработкой и корректным применением математической модели равновесной высоты «сухого» СГП при проливах с учетом капиллярного подъема углеводородных жидкостей, показавшей, что при повышении уровня разлива жидкости в емкости с СГП гранулированное пеностекло с высокой насыпной плотностью и низкой пористостью образует наименьшую высоту «сухого» слоя.

Обоснованность второго защищаемого положения подтверждается, тем что в разработанной математической модели расчета критической высоты «сухого» СГП учтено, что: движение паров углеводородной жидкости, через «сухой» СГП происходит по известным законам фильтрации газов (паров) в пористых средах; при сгорании паров над поверхностью «сухого» СГП инициируется волна, вектор которой направлен к поверхности жидкости через СГП и обратно, характерное время распространения которой определяется длиной каналов, пористостью и проницаемостью слоя, а также физико-химическими свойствами паров жидкостей.

Третье научное положение обосновано разработкой и корректным применением математической модели скорости испарения углеводородных жидкостей с экранирующим СГП, разработанной на основе оценки

коэффициента экранирования СГП поверхности испарения жидкостей, полученным расчетно-экспериментальным методом.

Четвертое научное положение обосновано логарифмической зависимостью увеличения скорости горения жидкостей от диаметра резервуара более 15 см, когда с увеличением площади поддона растет критическая высота «сухого» СГП, корреспондирующая с динамикой скорости горения жидкости.

Обоснованность пятого положения подтверждается непротиворечивостью авторских зависимостей о том, что критическая высота «сухого» СГП растет с увеличением давления насыщенных паров и временем «перепада давления» и снижается с увеличением пористости и динамической вязкости паров; время «перепада давления» увеличивается с ростом критической высоты «сухого» СГП и соответственно экранируемой площадью; общая высота СГП в равновесном состоянии изменяется по логарифмической зависимости с увеличением экранируемой площади; высота капиллярного подъема уровня жидкости изменяется в большую сторону с увеличением поверхностного натяжения жидкостей.

Всестороннее исследование темы диссертации и разработка защищаемых научных положений привели соискателя к следующим обоснованным выводам и научно-техническим рекомендациям диссертационной работы:

1. Гранулированное пеностекло марки «Термоизол» является одним из самых влагостойких и наименее теплопроводных материалов, что позволяет использовать его в качестве экранирующего поверхность пролива материала, способного длительное время удерживаться на поверхности углеводородной жидкости и препятствовать нагреву при воспламенении горючих паров за счет низкой теплопроводности.

2. Разработанная модель определения высоты «сухого» СГП в условиях равновесного состояния учитывает гранулометрические параметры, насыпную плотность гранул и плотность жидкости, влияние капиллярных

сил, а полученные расчетные и экспериментальные зависимости высоты «сухого» СГП от плотности жидкости имеют достаточно высокую сходимость.

3. Теоретически и экспериментально обоснован выбор фракции пеностекла 5-7 мм, обеспечивающий максимальный экранирующий эффект, при котором минимальная общая высота СГП способствует наибольшему снижению интенсивности испарения углеводородных жидкостей.

4. Результаты расчета по разработанной математической модели скорости испарения углеводородных жидкостей с экранирующим СГП могут использоваться для оценки массы паров углеводородных жидкостей, испарившихся с поверхности пролива, а также для определения высоты зоны паров, ограниченной нижним концентрационным пределом распространения пламени.

5. Разработанная математическая модель расчета критической высоты «сухого» СГП, обеспечивающего гашение пламени может применяться для различных по своим физико-химическим свойствам углеводородных жидкостей и площади покрытия до 2,5 м<sup>2</sup>.

6. Установленные зависимости критической удельной массовой скорости выгорания от свойств углеводородной жидкости, свойств СГП дают представления о характере горения на пределе гашения пламени для различной площади поддона с СГП.

7. Разработанная методика и лабораторная установка для определения критической высоты «сухого» СГП позволяет определять высоту «сухого» СГП, при которой горение не поддерживается.

Таким образом, основные научные положения, ключевые выводы и практические рекомендации диссертационной работы в достаточной степени обоснованы в части установления соискателем закономерностей снижения пожарной опасности локальных проливов углеводородных жидкостей на основе применения гранулированного пеностекла.

## **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы заключается в том, что:

1. Разработаны и экспериментально обоснованы математические модели высоты «сухого» СГП в условиях равновесного состояния, скорости испарения углеводородных жидкостей с экранирующим СГП и критической высоты «сухого» СГП, учитывающие физико-химические свойства углеводородных жидкостей, физические свойства и геометрические параметры СГП;

2. Получены ранее неизвестные зависимости, а именно: критической удельной массовой скорости выгорания от свойств углеводородных жидкостей, параметров пористой среды, а также интенсивности испарения жидкостей от критической высоты «сухого» СГП;

3. Разработана методика и экспериментальная установка по определению геометрических параметров СГП, при которых обеспечивается гашение пламени углеводородных жидкостей в поддонах для сбора локальных проливов.

Достоверность полученных в диссертации научных положений и выводов подтверждается корректным и обоснованным использованием метода гранулометрического анализа, включая расчетно-аналитический метод исследования, а также метода гравиметрического анализа, методов математической статистики и обработки статистических данных. Достоверность результатов исследования обеспечена достаточным объемом экспериментального материала с оценкой точности полученных результатов путем статистической обработки результатов эксперимента в соответствии с международными стандартами. Достоверность подтверждается, апробацией научных достижений исследования на всероссийских, международных конференциях и научных семинарах, а также результатами их практической реализации.

**Практическая ценность** результатов работы состоит в использовании полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований в практической деятельности Ивановской нефтебазы ООО «Газпромнефть-Терминал» при проведении сливо-наливных операций на железнодорожной сливо-наливной эстакаде, насосной станции и при подготовке к проведению технического обслуживания, ремонта технологических трубопроводов и оборудования, в практической деятельности ООО «ЧИСТЫЙ МИР М», специализирующейся на выполнении работ по ремонту и обслуживанию технологического оборудования на объектах нефтегазового комплекса, а также в образовательном процессе Ивановской пожарно-спасательной академии МЧС России.

**Замечания** по диссертационной работе.

1. В литературном обзоре приведены полученные зарубежными и отечественными учеными экспериментальные значения распределения температуры в слое гранул и высоты пламени, однако отсутствуют сравнения с диссертационными результатами исследования.

2. Условие остановки процесса горения по времени поступления продуктов горения (формула 2.13 диссертации на стр. 57) не соответствует условию поддержания горения по времени поступления горючего (формула 2.9 на стр. 56 диссертации), т.к. не указана взаимосвязь поступления продуктов горения и горючего в зону реакции. Не объясняется физический смысл наблюдения за продуктами горения (веществами, образующиеся в процессе горения) в условии (2.13).

3. На графике 2.3 зависимости изменения высоты зоны паров от высоты «сухого» СГП не наблюдается следующее по мнению автора из графика постоянство величины  $Z_1$ . Кроме того, на данном графике показано несколько зависимостей без необходимых обозначений.

4. При объяснении схемы гашения пламени при критической высоте «сухого» СГП (рисунок 2.4 диссертации) сформулировано дополнительное условие нарушения баланса горения о снижении

концентрации кислорода, при этом не указана взаимосвязь с условиями поступления горючего и образования продуктов горения (формулы 2.9 и 2.13). Кроме того, на данном рисунке метрические, временные и скоростные координаты не разграничены. Недостаточно четко классифицированы показатели тепломассообмена для определения условий горения из представленного набора параметров концентраций, времени и скорости поступления горючего, кислорода и отвода продуктов горения.

5. При проведении полигонных экспериментов соискатель использовал поддоны различной формы. Вместе с тем, в работе не обсуждаются преимущества или недостатки той или иной формы их конструктивного исполнения для практического использования. В частности, не указано, какие типовые конструкции поддонов с гранулированным пеностеклом предлагает использовать автор для снижения пожарной опасности локальных проливов углеводородных жидкостей для случаев, указанных на рисунках 1.5-1.14 диссертации.

Следует отметить, что указанные замечания существенно не снижают качество работы и не влияют на ее основные теоретические и практические результаты.

#### **Заключение о соответствии диссертации установленным критериям**

Всестороннее рассмотрение и анализ диссертации и автореферата диссертации позволяют сделать вывод, что проведенное Ширяевым Евгением Викторовичем исследование является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, направленные на снижение пожарной опасности локальных аварийных проливов углеводородных жидкостей на ограниченной, подготовленной поверхности с гранулированным слоем пеностекла, имеющие существенное значение для предупреждения промышленных аварий с пожарами на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса и безопасного развития страны.

Диссертационная работа выполнена на высоком научно-техническом уровне. Стил ь изложения научный, инженерно-технический. Полученные результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Основные научные результаты диссертационной работы достаточно полно освещены в печати, включая рецензируемые научные журналы и издания. Автореферат диссертации соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа, выполненная Ширяевым Евгением Викторовичем на тему «Снижение пожарной опасности локальных проливов углеводородных жидкостей на основе применения гранулированного пеностекла», по своей актуальности, научному уровню и практической значимости отвечает требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени кандидата наук в соответствии с п.п. 9, 10, 11 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Ширяев Евгений Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.26.03 – «Пожарная и промышленная безопасность» (нефтегазовая отрасль).

Официальный оппонент:

Заведующий отделом системного анализа безопасности  
ЗАО «Научно-технический центр исследований  
проблем промышленной безопасности»,  
доктор технических наук

«01» февраля 2022 г.

А.И. Гражданкин

подпись Гражданкина Александра Ивановича заверяю

Начальник отдела кадров ЗАО НТЦ ПБ

О.А. Алешина

Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности» (ЗАО НТЦ ПБ)

Адрес: 129337, г. Москва, Переведеновский переулок, дом 13, строение 14

Телефон: +7(495)620-47-47, факс +7(495)620-47-46

Адрес электронной почты: [ntc@safety.ru](mailto:ntc@safety.ru)